



GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA BASE CIENTÍFICA ANTÁRTICA ARTIGAS (BCAA) DE URUGUAY

WILSON SIERRA (*)

Ministerio de Industria, Energía y Minería, Dirección Nacional de Energía.
Ingeniero Químico egresado de la Facultad de Ingeniería de UdelaR. Desde el año 2008 se desempeña en el Área Energías Renovables de la Dirección Nacional de Energía. Desde el año 2017 representa al MIEM en el Instituto Antártico Uruguayo.

ADRIANA TORCHELO

Ministerio de Industria, Energía y Minería, Dirección Nacional de Energía

RAFAEL FRAGA

Instituto Antártico Uruguayo

TEMA: Residuos sólidos

POLÍTICA O PLAN NACIONAL: Política Nacional de Cambio Climático, Plan Nacional de Eficiencia Energética y Plan Ambiental Nacional para un Desarrollo Sostenible.



Sarandí 620. Montevideo, C.P. 11000. Uruguay. Tel.: 284 01234, e-mail: wilson.sierra@miem.gub.uy

RESUMEN

La gestión de residuos sólidos en la Base Científica Antártica Artigas (BCAA) representa un modelo ejemplar de buenas prácticas alineadas a los requisitos establecidos en el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, que presenta valiosos aportes adaptables y replicables en el territorio nacional uruguayo.

Asimismo genera desafíos que están tratando de superarse recurriendo a la aplicación de tecnologías innovadoras y a la aplicación de los conceptos de uso circular de los recursos y la eficiencia energética.

El presente trabajo ilustra la gestión actual de los diferentes tipos de residuos generados en la base y el proyecto demostrativo de instalación de un biodigestor domiciliario, en la próxima campaña de verano (diciembre 2019 – abril 2020), para la degradación de los residuos orgánicos generados por la dotación permanente en la estación científica.

En base a los resultados de esta experiencia y otros pasos que se han dado desde el año pasado, se ambiciona en el corto plazo poder instalar un biodigestor de mayores dimensiones que permita procesar la totalidad de la fracción orgánica de los residuos sólidos y de las aguas servidas. Respondiendo al concepto de Economía Circular, este proyecto sería complementado con un invernadero donde se aproveche el digerido del biodigestor como abono y el calor recuperado de los gases de escape de los generadores diésel de electricidad para su calefacción. Dicho invernadero permitirá el cultivo de hortalizas y frutas frescas que contribuirán a una dieta más equilibrada de la delegación permanente durante la internada.

Palabras Clave: Antártida, Residuos Sólidos, Clasificación, Economía Circular, Eficiencia Energética.

INTRODUCCION

La Antártida ha sido reconocida desde el año 1959 -momento en que se firma el Tratado Antártico que entra en vigor en 1961- como un continente reservado para la paz, la investigación científica y la cooperación internacional.

El 22 de diciembre de 1984 se inicia la construcción de la Base Científica Antártica Artigas (BCAA), primer emplazamiento uruguayo en la Antártida y en 1985 Uruguay es aceptado como miembro pleno del



Tratado Antártico (siendo a la fecha uno de sus 53 miembros). Desde ese momento Uruguay mantiene allí actividad continuada de investigación científica.

El Anexo III al Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, relativo a la Eliminación y Tratamiento de Residuos, establece las obligaciones al respecto que deben cumplir todas las actividades que se realicen en el área del Tratado Antártico de conformidad con los programas de investigación científica, el turismo y a todas las demás actividades gubernamentales y no gubernamentales en el área del Tratado Antártico.

Los principios básicos que rigen dicho Anexo son los de las 3R (reducir, reusar y reciclar), con el fin de “minimizar la repercusión en el medio ambiente antártico y de minimizar las interferencias con los valores naturales de la Antártica, con la investigación científica o con los otros usos de la Antártica que sean compatibles con el Tratado Antártico.” A estos tres principios se suma una cuarta R, relativa al requerimiento de Remover diversos tipos de residuos - regulados por el Art. 2 del Anexo - del área del Tratado Antártico, en función del cual cobra aún mayor relevancia la importancia de la aplicación de las 3R previas *in situ* a fin de minimizar el volumen de residuos que deben ser devueltos al país desde donde se organizaron las actividades que los generaron.

Sólo los residuos combustibles, no alcanzados por el Art. 2, deben ser quemados en incineradores que reduzcan, en la mayor medida posible, las emanaciones peligrosas, y los residuos sólidos resultantes de dicha incineración deben removerse del área del Tratado.

En cumplimiento a dicho Anexo, la gestión integral de los residuos sólidos en la BCAA de Uruguay, presenta algunos componentes que pueden catalogarse de ejemplares y que pueden ser adaptados y replicados en nuestro país.

DESARROLLO

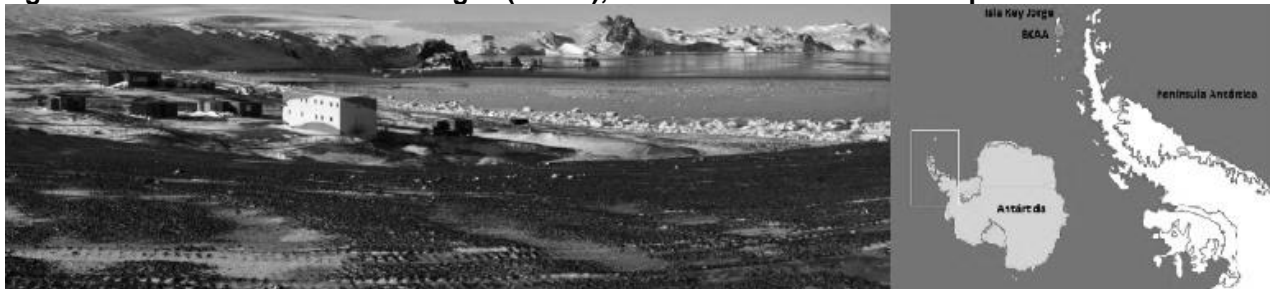
Operaciones en la base

Las actividades operativas y logísticas antárticas son realizadas por el Instituto Antártico Uruguayo (IAU), que apoya y coordina las operaciones de investigación científica y desarrollo tecnológico establecidas por el Programa Nacional Antártico (PNA) de conformidad con las disposiciones de la Política Nacional Antártica y dentro de las directrices del Sistema del Tratado Antártico.

La BCAA se localiza en la isla King George en la Península Antártica, coordenadas: 62° 11'04" de latitud Sur y 58° 54'14" de longitud Oeste.

La estación funciona durante todo el año y proporciona el apoyo logístico necesario para llevar a cabo las actividades científicas del PNA y otros operadores antárticos.

Fig. 1. Base Científica Antártica Artigas (BCAA), ubicación de la BCAA en la península Antártica.



La BCAA comprende un área total de 24.000 m² y su infraestructura consta de 13 edificios independientes.

Fig.2. Fotos aéreas de las instalaciones de la base.



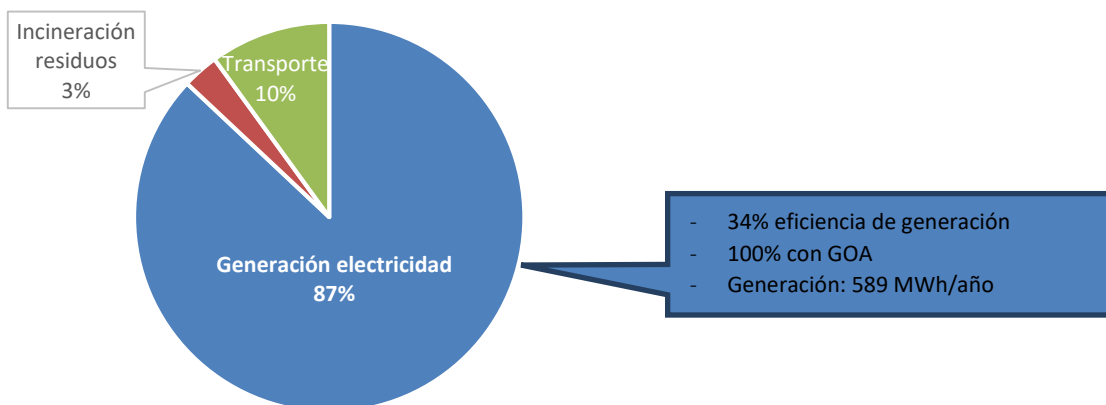
La base alberga hasta 65 visitantes en forma simultánea en el verano, entre los que se incluyen: científicos, personal de apoyo, grupos de tareas y técnicos de sistemas específicos.

Mientras tanto, durante el invierno (mayo - noviembre) el personal se reduce a 9 personas que conforman la dotación permanente responsable de mantener las instalaciones habitables durante todo el año.

Recursos y suministros

Para la operación de la Base se requieren aproximadamente 220.000 litros de gasoil antártico (GOA) por año cuyo consumo se distribuye como se ilustra a continuación. Este suministro se ve complementado con un menor de gasolina para uso en embarcaciones (400 litros por año).

Fig. 3. Consumo de combustible en la BCAA por uso.





En los últimos dos años, la generación de electricidad de los motogeneradores diésel ha comenzado a ser complementada mediante la incorporación de 7,2 kWp de paneles fotovoltaicos: 1,2kWp en fachada vertical (en 2018) y 6 kWp en piso sobre soportes (en 2019). El monitoreo continuo de la generación de estas plantas fotovoltaicas puede seguirse a través del sitio web del Instituto Antártico Uruguayo (<http://www.iau.gub.uy/>)

Fig. 4. Paneles solares fotovoltaicos instalados en la base



La energía eléctrica generada se utiliza principalmente para la calefacción de los edificios y de los tanques de almacenamiento de agua, para agua caliente sanitaria, refrigeración de cámaras frigoríficas, iluminación y para el bombeo y potabilización del agua extraída del lago Uruguay.

Agua

El consumo de agua en la Base es de aproximadamente 1.000 m³/año. La tasa de consumo por día varía en invierno y verano en función a la población que habita en la estación: invierno (1 m³/día durante 36 semanas), verano (7 m³/día durante 16 semanas).

El agua se extrae desde una capa permanente líquida por debajo de la profundidad de congelación invernal del lago. Se procesa por filtrado y cloración y se distribuye periódicamente a tanques acumuladores en cada edificio empleándose la técnica de “caño seco”, purgándose las tuberías tan pronto se completan los tanques locales, para evitar su obstrucción por congelación.

La operación de las válvulas y bombas para la extracción y distribución del agua es manual, requiriendo al menos dos personas y aproximadamente tres horas para reponer agua en la totalidad de la capacidad de almacenamiento de la BCAA (actualmente 15.000 litros, en 6 tanques principales).

Existe una sola red de distribución de agua fría sanitaria (AFS), con una temperatura variable que promedia 15 °C. Los tanques de almacenamiento se encuentran en el interior de los edificios, calefaccionados indirectamente a través del sistema de calefacción de cada edificio.

En lo que refiere al agua caliente sanitaria (ACS), a la fecha cada edificio cuenta con termotanques eléctricos que suministran ACS a la cocina y baños. Se ambiciona en el corto plazo reemplazar esta tecnología por bombas de calor que son significativamente más eficientes. Cabe señalar que ya se instaló una bomba de calor para calefacción en el comedor y en la próxima campaña se instalará una bomba de calor, también para calefacción, en el AINA (Área de Interpretación de la Naturaleza Antártica).

Otros Suministros y víveres

Todos los insumos necesarios para el adecuado funcionamiento de la estación científica son provistos externamente, siendo los aprovisionamientos más relevantes el de víveres (aproximadamente 9.850 Kg) y el de materiales de construcción (17.100 Kg) (valores pertenecientes a la Campaña Antártica de Verano 2018-2019).



Generación y gestión actual de los residuos sólidos

Como resultado de las operaciones de la Base se generan diversos tipos de residuos (domésticos, de obras y mantenimiento, especiales, y sanitarios o de atención a la salud) que se someten a diferentes tratamientos finales. La tabla 1 a continuación describe la cantidad y proceso de tratamiento final de dichos residuos.

Tabla 1. Detalle de residuos generados

Residuos	Cantidad	Proceso
Orgánicos		
Invierno, 36 semanas	33 kg/semana	Incineración
Verano, 16 semanas	70 kg/semana	Incineración
Inorgánicos		
Invierno, 36 semanas	0,7 m ³ /semana	Clasificación, compactación <i>in situ</i> , disposición final y/o reciclaje en Uruguay
Verano, 16 semanas	2 m ³ /semana	Clasificación, compactación <i>in situ</i> , disposición final y/o reciclaje en Uruguay
Vidrio		
Anual	300 kg	Compactación <i>in situ</i> y disposición final en Uruguay

A los efectos de la gestión de los residuos estos se clasifican en 20 categorías para su procesamiento posterior: 1) gas-oil sucio, 2) líquidos y desechos sépticos, 3) cenizas, 4) metales, 5) latas, 6) plástico, 7) aerosoles y encendedores, 8) pilas y baterías pequeñas, 9) sólidos genéricos, 10) polvos químicos, 11) sólidos orgánicos, 12) combustibles contaminados y solventes, 13) filtros y trapos sucios, 14) vidrios molidos transparentes, 15) vidrios molidos oscuros, 16) aceite quemado de cocina, 17) líquido de graseras, 18) baterías, 19) lámparas y tubos de luz, 20) sobrante de material anti-llama.

La zona de gestión de los residuos se ubica en el edificio de servicios, separada de la zona de generación de energía por una pared metálica. La gestión consiste en la recepción de las bolsas de residuos provenientes de los edificios (donde se realiza una clasificación preliminar), las cuales son clasificadas de acuerdo a su contenido:

- Los residuos orgánicos tienen como destino la incineración junto con el papel y el cartón.
- Los plásticos se compactan en una prensa y los fardos se almacenan en ese mismo sitio.
- Los vidrios se rompen y se almacenan en tarrinas de 200 litros.
- Las latas metálicas son prensadas y los fardos resultantes se almacenan.

En esta zona también se almacenan otros residuos, los que son acondicionados e identificados:

- Especiales (aerosoles, baterías, etc.): en bolsas plásticas.
- Aceite de cocina usado: en tarrina de 200 litros.
- Cenizas de incineración: en tarrinas de 200 litros.
- Aceite lubricante usado: en tarrinas de 200 litros.

La incineración de los residuos orgánicos se realiza en un horno de doble cámara marca UMWELT. En la primera cámara se colocan los residuos orgánicos en bolsas, los cuales son incinerados a altas temperaturas, utilizando gasoil antártico (GOA) como combustible.

Los gases generados en esta combustión son incinerados y destruidos en la segunda cámara, para luego ser liberados a la atmósfera por una chimenea de 0,3 m de diámetro y aproximadamente 1 m de altura (por encima del techo del edificio). Las cenizas resultantes de la combustión se retiran del horno y



una vez que se enfrían se almacenan en tarrinas plásticas de 200 litros. Se generan anualmente unos 460 kg.

El consumo de GOA es de aproximadamente 80 litros/m³ de residuos orgánicos, lo que se traduce en un consumo anual de GOA para este uso de 6.000 litros, equivalente al 3% del consumo total de GOA de la base.

Todos los demás residuos y los lodos sanitarios, son transportados una vez al año por vía marítima a Montevideo donde se realiza su reciclaje y/o disposición final.

Por lo expuesto, los aspectos ambientales asociados a la gestión actual de los residuos sólidos, son el consumo de combustibles fósiles (derivados de la incineración *in situ* y a la logística de los residuos), la emisión de gases contaminantes y de material particulado en la BCAA y de gases de efecto invernadero.

Proyecto piloto de biodigestor

A fin de mejorar la gestión de los residuos y mitigar sus impactos negativos, se están realizando importantes esfuerzos para que en la próxima campaña de verano (diciembre 2019 – abril 2020) se instale un biodigestor domiciliario que procese los residuos orgánicos generados por la dotación permanente.

El biodigestor, que será donado por el proyecto Biovalor¹ tendrá las características que se detallan en la tabla a continuación.

Tabla 2. Especificaciones técnicas

Criterio	Detalle
Residuos a alimentar	Restos de alimentos de la preparación de alimentos de origen vegetal previamente clasificados.
Cantidad diaria de residuos a alimentar	5 kg (Densidad: 450 kg/m ³ ; Sólidos totales: 20%; Sólidos Volátiles: 80% de ST).
Volumen útil del biodigestor	Mayor o igual a 1.200 litros (Tiempo de Retención Hidráulico mayor o igual a 100 días).
Gasómetro / Acumulación de biogás	El almacenamiento de biogás deberá ser interno al biodigestor y deberá contar con una capacidad mínima de 700 litros.
Purificación del biogás	El oferente deberá informar el tipo, rendimientos y requerimientos del sistema de purificación del biogás (desulfuración y deshumidificación).
Aspectos de seguridad	El biodigestor deberá contar con todos los elementos de seguridad necesarios para la correcta operación del biodigestor, incluyendo aliviaderos de presión y válvulas de seguridad.

Se prevé que el biodigestor sea provisto por la firma HOME BIOGAS Ltd.² ya que su biodigestor Homebiogas 2.0 cumple con las especificaciones técnicas descriptas y es una tecnología probada.

¹<http://biovalor.gub.uy/>

²<https://www.homebiogas.com/>

Fig. 5. Características Biodigestor HOME BIOGAS 2.0



El proyecto piloto se instalará en una nueva habitación contigua al comedor, con ingreso únicamente por el exterior.

Debe señalarse que la instalación de destinada a la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos no persigue un fin energético sino que es concebido como una instalación de tratamiento de residuos exclusivamente.

El biogás será quemado y el calor generado utilizado para calentar agua que circulará por un serpentín que circulará por debajo del biodigestor para mantener la temperatura necesaria para garantizar la digestión anaeróbica de los residuos.

Debido a las características especiales de la Antártida, a fin de garantizar la correcta instalación y puesta en marcha del biodigestor, esta será realizada por el proveedor de la tecnología. Además, para asegurar la correcta operación a posteriori, el proveedor deberá entregar un manual de operación y mantenimiento en idioma español, que incluya todas las especificaciones técnicas de los componentes del sistema, el procedimiento de operación y las tareas de mantenimiento y además, deberá capacitar al personal de la Base encargado de la operación y mantenimiento del biodigestor. Este servicio será complementado con el seguimiento y monitoreo del desempeño del sistema durante al menos 150 días luego de la instalación (período de prueba), luego del cual el sistema deberá presentar una operación estable.

Proyectos futuros

El proyecto piloto del biodigestor está siendo diseñado de modo tal que permita a posteriori la incorporación progresiva de más módulos, a fin de ampliar la capacidad de tratamiento de los residuos orgánicos hasta abarcar su totalidad (alternativamente, a partir de esta experiencia podrán obtenerse lecciones aprendidas que serán capitalizadas en el diseño de una instalación de mayor porte).



X Congreso Nacional de AIDIS

Desafíos Ambientales: Estrategias Integrales y Acciones Coordinadas

28 y 29 de agosto 2019

Cámara Mercantil de productos del país



Además, respondiendo al concepto de Economía Circular se proyecta complementar la biodigestión de los residuos con un invernadero donde se cultiven hortalizas y frutas frescas, que contribuirán a una dieta más equilibrada de la delegación permanente durante la invernada. Dicho invernadero utilizará el digerido del biodigestor (previamente sanitizado) como abono para el cultivo de las hortalizas.

Quizá el desafío más importante del proyecto a futuro lo constituye el diseño de un sistema que permita simultáneamente procesar la fracción orgánica de los residuos sólidos orgánicos y la totalidad de las aguas servidas generadas en las instalaciones de la base Artigas en un contexto de población fluctuante (9 a 65 personas dependiendo el momento del año que se considere) y en condiciones ambientales caracterizadas tanto por lo extremo de su clima como por la fragilidad del ecosistema.

Estos proyectos forman parte del “Plan de energías renovables, eficiencia energética y gestión de residuos”, que se está llevando adelante en la Base Científica Antártica Artigas desde 2017 a través de grupos de trabajos interinstitucionales (integrados por el MIEM, MVTOMA, UTE, ANCAP y OSE, entre otros) que apunta a transformar a la BCAA en un modelo de economía circular y desarrollo sostenible.